

Posudek oponenta habilitační práce

Uchazeč

Ing. Pavel Váchal, Ph.D.

Habilitační práce

Numerical Methods for Lagrangian and ALE Hydrodynamic Simulations

Oponent

doc. RNDr. Petr Sváček, Ph.D.

Text posudku

Předložená habilitační práce Ing. Pavla Váchala, PhD. nazvaná „Numerical Methods for Lagrangian and ALE Hydrodynamic Simulations“ se zabývá tématem použití numerických metod pro Lagrangeovské a Lagrangeovsko-Eulerovské(ALE) hydrodynamické simulace interakcí laseru s plasmatem. Hlavním obsahem habilitační práce je soubor 10 článků publikovaných v letech 2011-2019 věnovaných této problematice, tyto články jsou zařazeny jako reprinty. Soubor článků je v předložené habilitační práci okomentován v 6 kapitolách. První kapitola obsahuje stručný náhled do řešení problematiky mechaniky tekutin a komentář k obsahu práce, druhá kapitola obsahuje úvodní přehled o Lagrangeovsko-Eulerovských metodách (nepřímé ALE metody), kde jsou zmíněny základní kroky nepřímých ALE metod sestávající se z Lagrangeovského kroku, a následně z kroků nazývaných „mesh rezon“ a „mesh remap“ fáze. Ve druhé kapitole je dále uveden přehled užívaných pojmů v kontextu. Třetí kapitola se pak věnuje podrobnějšímu popisu vybraných aspektů Lagrangeovsko-Eulerovských simulací ve vztahu k danému souboru publikací. Jde o užití umělé vazkosti (kapitola 3.1 Artificial Viscosity), zachování symetrie (kapitola 3.2 Preservation of Symmetry), kapitola 3.3 (Equation of State) rozebírá vliv volby stavové rovnice pro zvolený materiál na kvalitu numerických výsledků, kapitoly 3.4 Rezoning a 3.5 Remapping se pak zabývají druhou a třetí fází ALE metod. Kapitola 3.6 pak obsahuje komentář k aplikaci metod pro hydrodynamické simulace. Kapitola 4 pak obsahuje komentář ke každé publikaci s podrobným uvedením přínosu autora. V kapitole 5 Current Research and Future Prospects je uveden přehled současných aktivit a výhled další výzkumné činnosti autora. V kapitole 6 je uvedeno shrnutí.

Celá práce je psána anglicky, je vhodně členěna a po jazykové stránce je na vynikající úrovni. Práce je zpracována velmi pěkně také po grafické úrovni. Nejvýznamnější částí práce jsou reprinty autorových publikací. Tyto byly publikovány v mezinárodních časopisech špičkové úrovně (4 publikace v *Journal of Comp. Physics*, 2 v *Comp. & Fluids*, dále *Communications in Comp. Physics*, *Int. Journal Of Numerical Methods in Fluids*, *CAMWA a Laser and Particle Beams*) a jsou publikovány s význačnými spoluautory (M. Shaskov, R. Liska, B. Wendroff, P. H. Maire). U čtyř publikací z tohoto výčtu je P. Váchal prvním autorem a u ostatních spoluautorem, nicméně jeho přínos u každé jednotlivé publikace je v práci podrobně rozepsán. Z obsahového hlediska jsou všechny zahrnuté publikace na vynikající úrovni, psány korektně matematicky s výbornou jazykovou úrovní – ostatně nic jiného ani nelze očekávat vzhledem k tomu, v jakých časopisech byly publikované.

V práci jsem prakticky nenalezl žádné jazykové nebo jiné nepřesnosti či opomenutí. Pokud bych měl práci přece jen něco vytknout, pak snad možná pouze to, že úvodní část obsahuje pouze textový komentář a pro neznalého čtenáře je obtížné se orientovat v uváděných pojmech – zde v orientaci pomáhá až prostudování publikací uvedených v appendixu a následné opětovné přečtení úvodního komentáře k těmto publikacím. Zde je ale třeba přiznat, že forma práce jako souhrnu publikací určitá úskalí vždy přináší a není jednoduché se s touto formou autorsky vyrovnat. I přes výše uvedenou výtku proto konstatuji, že v daném případě nemá tato významný vliv na vynikající kvalitu dané práce.

Souhrnně konstatuji, že předložená práce je na vynikající úrovni a jednoznačně dokládá vynikající vědeckou úroveň autora.

Dotazy oponenta k obhajobě habilitační práce

Na straně 55 je uvedena rovnice 2.1a komentovaná dále jako „zákon zachování objemu - volume conservation law“. Obdobně strana 93, rovnice (1). Mohl by autor podrobněji vysvětlit význam?

Závěr

Habilitační práce dle mého splňuje požadavky standardně kladené na habilitační práce v oboru Aplikovaná matematika a doporučuji ji k obhajobě.

V Praze dne 18. 11. 2021

Doc. RNDr. Petr Sváček, Ph.D.
ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ú 12101
Karlovo nám. 13, Praha 2, 121 35

Ing. Pavel Váchal, Ph.D.

České vysoké učení technické v Praze (ČVUT)
Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská (FJFI), Břehová 7, 115 19 - Praha 1
Katedra fyzikální elektroniky (KFE), Trojanova 13, 120 00 - Praha 2
Tel. (+420) 604 303 628, (+420) 22435 8637
E-mail: pavel.vachal@fjfi.cvut.cz

Datum a místo narození:

Zaměstnání:

- **od 2012:** Odborný asistent, KFE FJFI ČVUT
- **2009-2012:** Vědecký pracovník, KFE FJFI ČVUT
- **2005-2008:** Technik ve výzkumu a vývoji, KFE FJFI ČVUT

Vzdělání:

- **2003:** Ing., Informatická fyzika, FJFI ČVUT v Praze. Téma diplomové práce:
Some Aspects of Numerical Resolution of Contact Discontinuities in Conservation Laws
- **2008:** Ph.D., Fyzikální inženýrství, FJFI ČVUT v Praze. Téma disertační práce:
Rezoning and Remapping for ALE Simulations in Fluid Dynamics and Plasma Physics

Ocenění:

- **2008:** Čestné uznání Prof. Babušky za vynikající práci v oboru počítačových věd
(Česká společnost pro mechaniku, Jednota českých matematiků a fyziků)
- **2009:** Cena rektora ČVUT II. stupně za rok 2008 za vynikající doktorskou práci

Pedagogická činnost:

- Cvičící předm. *Praktická informatika pro inženýry 1* (2001-2011) a *Numerické metody* (2003-2014)
- Přednášející předmětů *Numerické metody* (od 2012) a *Robustní numerické algoritmy* (od 2010)
- Garant př. *Robustní numerické algoritmy* (od 2010) a *Vědecké programování v Pythonu* (od 2013)
- Vedoucí bakalářských a diplomových prací na KFE (dosud obhájeny 3 BP a 1 DP)
- Konzultant či oponent řady bakalářských a diplomových prací a tezí k pracím dizertačním

Další aktivity spojené s FJFI ČVUT:

- Spoluorganizátor mezinárodní konference *Numerical methods for multi-material fluid flows* (2007)
- Spoluadministrátor počítačové učebny UNIX (od 2002)

Zahraniční stáže a pobyty:

- **2002-2007:** Group T-7, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, USA
(6 tříměsíčních stáží)
- **2009:** CELIA (Commissariat à l'énergie atomique & Université Bordeaux I), Francie
(1 měsíc, stipendium Francouzské ambasády v Praze)
- **2009-2018:** Groups T-5 and XCP-4, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, USA
(5 jednoměsíčních stáží)
- **2007-2015:** Institut de Mathématiques de Toulouse (Univ. Paul-Sabatier Toulouse III), Francie
(1 až 2 týdny ročně)

Zapojení do řešení vědeckých projektů (2002-2020):

- Hlavní řešitel 2 externích a 1 interního grantu
- Spolurešitel či člen týmu 16 externích a 7 interních grantů

Současný výzkum (ve spolupráci s výše uvedenými a dalšími pracovišti):

- Vývoj pokročilých lagrangeovských metod pro dynamiku tekutin a fyziku plazmatu (2D a 3D diferenční schémata, zachování symetrie, umělá vazkost, elasto-plasticita)
- Simulace pro výzkum inerciální fúze, vysokoparam. plazma, systémy s vysokou hustotou energie
- Numerické modelování probíhajících a plánovaných experimentů (interakce laserového záření s plazmatem a terčem, hydrodyn. nestability) - spolupráce s PALS (AV ČR), ELI Beamlines, ...
- Termodynamicky konzistentní výpočet stavových rovnic
- Materiálová rozhraní ve fyzice plazmatu, multimateriálové buňky
- Konzervativní interpolace pro metodu ALE
- Generování a adaptace výpočetních sítí pro lagrangeovsko-eulerovské metody, vývoj, testování a aplikace 3D voronoiovských generátorů
- Diferenční schémata, zákony zachování, numer. řešení systémů PDE (Navier-Stokes, Euler, MHD)
- Numerická optimalizace

Přehled publikační činnosti:

- 20 článků v impaktovaných časopisech
- 16 příspěvků do sborníků z mezinárodních konferencí (recenzovaných, 4 a více stran)
- Desítky přednášek, referátů a posterů na mezinárodních konferencích (z toho 4 vyzvané a při zahraničních stážích)
- Citace podle Web of Science: 311 (206 bez autocitací 1. a 2. řádu), h-index: 10 (7 bez autocit.)

Vybrané publikace:

- P. Váchal, R. Garimella, and M. Shashkov. Untangling of 2D meshes in ALE simulations. *Journal of Computational Physics*, 196(2):627–644, 2004. DOI 10.1016/j.jcp.2003.11.011
- F. Borgonovi, G. L. Celardo, A. Musesti, R. Trasarti-Battistoni, and P. Váchal. Topological non-connectivity threshold in long-range spin systems. *Physical Review E*, 73(2):026116, 2006. DOI 10.1103/PhysRevE.73.026116
- P.-H. Maire, R. Loubère, and P. Váchal. Staggered Lagrangian Discretization Based on Cell-centered Riemann Solver. *Communications in Computational Physics*, 10(4):940–978, 2011. DOI 10.4208/cicp.170310.251110a
- R. Loubère, P.-H. Maire, and P. Váchal. 3D Staggered Lagrangian Hydrodynamics Scheme with Cell-centered Riemann Solver Based Artificial Viscosity. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 72(1):22–42, 2013. DOI 10.1002/fld.3730
- P. Váchal and B. Wendroff. A Symmetry Preserving Dissipative Artificial Viscosity in r-z Geometry. *International Journal for Numerical Methods in Fluids*, 76(3):185–198, 2014. DOI 10.1002/fld.3926
- M. Zeman, M. Holec, and P. Váchal. HerEOS: A Framework for Consistent Treatment of the Equation of State in ALE Hydrodynamics. *Computers & Mathematics with Applications*, 78(2):483–553, 2019. DOI 10.1016/j.camwa.2018.10.014

V Praze dne 14. prosince 2020

.....
Ing. Pavel Váchal, Ph.D.